

Traduction par M. Meuret, L. Garde et O. Bonnet, au plus près de la publication d'origine :  
Meuret M., Moulin C-H., Bonnet O., Garde L., Nozières-Petit M-O., Lescureux N., 2020. Missing shots: has the possibility of shooting wolves been lacking for 20 years in France's livestock protection measures? *The Rangeland Journal*.

Seule la publication en ANGLAIS FAIT FOI et peut être citée :

Accessible gratuitement en ligne ici : <https://www.publish.csiro.au/RJ/pdf/RJ20046>

## Tirs manqués : la possibilité de tirer sur les loups a-t-elle fait défaut durant 20 ans parmi les mesures de protection du bétail en France ?

M. Meuret<sup>A</sup>, C-H. Moulin<sup>B</sup>, O. Bonnet<sup>C</sup>, L. Garde<sup>C</sup>, M-O. Nozières-Petit<sup>A</sup>, N. Lescureux<sup>D</sup>

<sup>A</sup> Université de Montpellier, INRAE, SELMET, 34000, Montpellier, France

<sup>B</sup> Université de Montpellier, L'Institut Agro Montpellier SupAgro, SELMET, 34000, Montpellier, France

<sup>C</sup> CERPAM, 04100, Manosque, France

<sup>D</sup> CEFE, CNRS, Univ. Montpellier, EPHE, IRD, Univ. Paul Valéry Montpellier 3, 34000, Montpellier, France

### Résumé

Les loups ont été éradiqués en France à la fin du XIXe et au début du XXe siècle. Les éleveurs et les bergers n'étaient donc pas préparés à leur arrivée d'Italie en 1993, l'année suivant celle où la France s'est engagée auprès de l'Union Européenne à protéger l'espèce. Aujourd'hui, environ 580 loups, dont les effectifs augmentent exponentiellement, sont présents sur plus d'un tiers du territoire français. Au cours des dix dernières années, les pertes en bétail dues aux loups ont connu une croissance linéaire, passant de 3 215 en 2009 à 12 451 en 2019, malgré la mise en place depuis 2004 de mesures conséquentes de protection, notamment une présence humaine renforcée, des chiens de protection, des clôtures sécurisées et des parcs de nuit électrifiés. L'échec de la prévention des dommages est patent. Intelligents et opportunistes, les loups investissent des paysages en mosaïque où les animaux d'élevage au pâturage sont des proies abondantes et faciles. Strictement protégés, il semble qu'ils n'associent plus le bétail aux humains et les humains au danger. La moitié de leurs attaques réussies se produisent désormais en journée, malgré la présence de chiens et d'humains. Compte tenu des coûts élevés d'une protection insatisfaisante, la France a récemment modifié sa politique de gestion des loups. En plus des moyens de protection non létaux, les éleveurs ayant subi plusieurs attaques sont désormais autorisés, par dérogation prévue par la loi, à procéder aussi à des tirs de défense. Sur la base d'expériences issues d'autres pays, nous suggérons de rétablir une relation de réciprocité avec les loups. Les éleveurs et les bergers devraient être autorisés à défendre leurs troupeaux avec des tirs sans avoir à attendre que se soient déjà déroulées plusieurs attaques. Le tir de défense permettrait aussi d'améliorer l'efficacité des moyens de protection non létaux, en tant que signaux d'alerte à respecter par les loups. Plutôt qu'une coexistence passive, nous avons à considérer un processus dynamique et en constante évolution de coadaptation entre les humains et les loups, en nous appuyant sur les capacités d'adaptation de tous.

### Introduction

Les loups ont été liés à l'homme depuis plusieurs millénaires dans tout l'hémisphère nord, occupant la même niche écologique au cours du Paléolithique (Fritts *et al.* 2003) et partageant le même habitat. En France, jusqu'à la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, les loups étaient présents dans presque toutes les régions

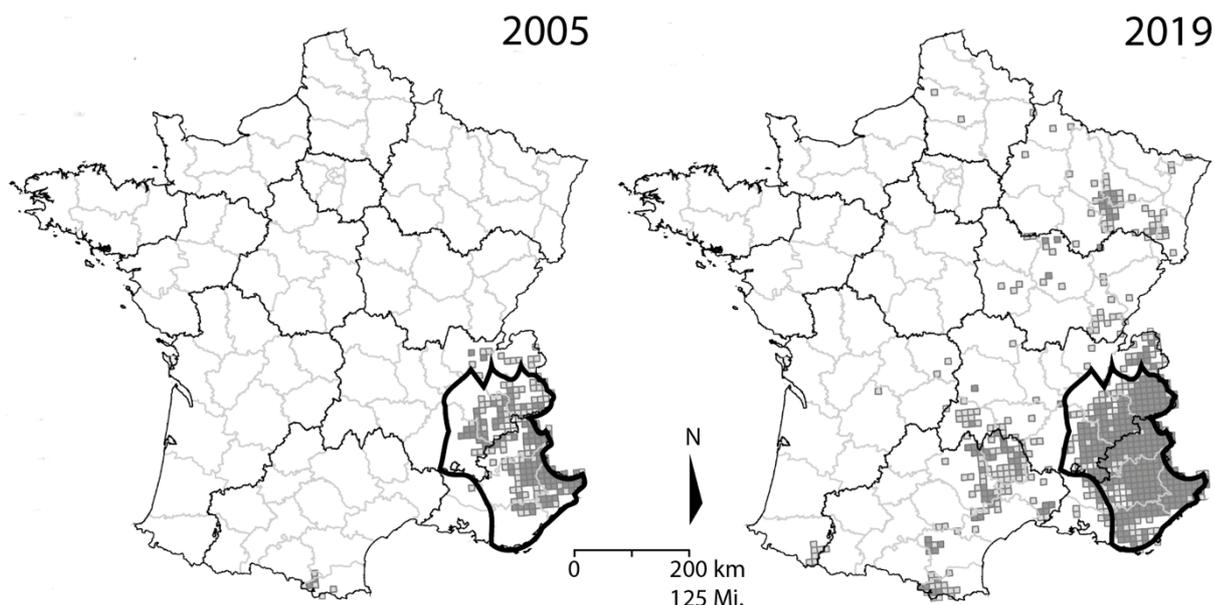
et se mêlaient, non sans conflit, aux habitants des zones rurales densément peuplées (de Beaufort 1988 ; Moriceau 2007). Non seulement les loups s'adaptent aisément à la présence humaine, mais ils parviennent à tirer profit de ses ressources alimentaires, que ce soit en s'attaquant au bétail, en se nourrissant de cadavres d'animaux d'élevage ou en déterrants les déchets alimentaires humains (Peterson et Ciucci 2003). Depuis que le bétail a été domestiqué, les loups ont probablement représenté un défi assez important au regard des pertes et ont nécessité un travail supplémentaire pour la protection des troupeaux et l'aide aux animaux blessés. En Eurasie, les éleveurs et bergers ont fait preuve d'imagination et de créativité en mettant en œuvre diverses tactiques afin de protéger leurs animaux (Fritts *et al.* 2003). Ils ont également exercé une pression constante sur les loups en tuant ceux qui attaquaient leur bétail (Mech 1995 ; Breitenmoser 1998 ; Stépanoff 2018).

En Europe de l'ouest, les populations de loups gris ont considérablement diminué. Ils furent exterminés dans des pays tels que la France à la fin du XIX<sup>e</sup> et au début du XX<sup>e</sup> siècle. Comme l'Allemagne et d'autres pays de l'UE, la France n'a pas eu de populations de loups sauvages sur son territoire pendant environ un siècle. En 1990, alors que les loups n'étaient pas encore officiellement présents, les autorités françaises ont ratifié la Convention internationale de Berne sur la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe. En 1992, la France a commencé à mettre en œuvre la Directive européenne Habitats et son annexe II en tant qu'obligation légale de conserver des habitats naturels exceptionnels et leurs espèces. Le loup gris était sur la liste, ayant à l'époque une population évaluée comme "vulnérable" par la liste rouge de l'UICN (Boitani *et al.* 2018).

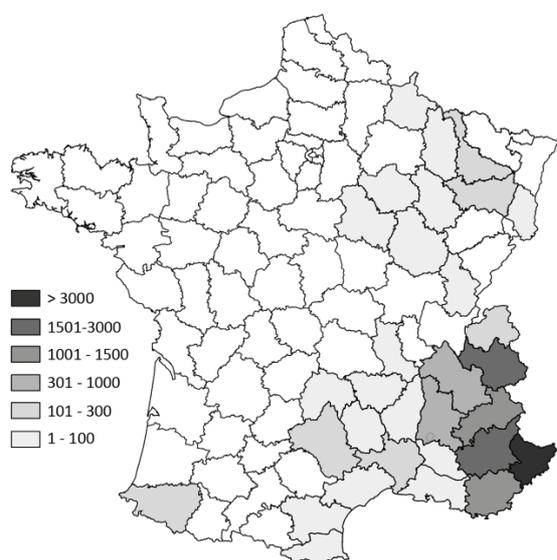
La présence des loups en France a été publiquement révélée au printemps 1993 par un magazine populaire. Son éditorial (Peillon et Carbone 1993) soulignait que, "pour la sécurité des loups", leur arrivée dans le Parc national du Mercantour par la frontière italienne avait été tenue secrète par les autorités. Quatre ans plus tard, il a été révélé qu'une meute de six à huit loups vivait en réalité déjà dans ce Parc l'année de la première annonce publique (Pouille *et al.* 1997, 1999). L'arrivée de ces loups n'ayant pas été anticipée, les éleveurs n'étaient absolument pas préparés à s'y confronter, en particulier ceux élevant des moutons et des chèvres qui pâturaient dans ou autour du Parc national. À cette époque, ces éleveurs subissaient déjà des prédatons fort inhabituelles, que les autorités attribuaient à des chiens domestiques mal contrôlés (Garde 1997).

La France compte aujourd'hui une population de loups d'environ 580 adultes (voir ONCFS 2017 pour la méthode de recensement), sur environ un tiers du pays (Agence française de la biodiversité (OFB) 2020) occupant en permanence ou occasionnellement certaines zones du territoire. Le nombre de zones où la présence de loups est permanente (c'est-à-dire au moins avec trois preuves de présence pendant deux hivers consécutifs) augmente de façon exponentielle, atteignant un effectif de 100 en fin d'hiver 2019-2020 (Fig. 1). Parmi elles, 81 zones de présence permanente correspondent à des territoires de meutes, qui sont toutes, sauf une, localisées dans les Alpes et en Provence (OFB 2020). Les pertes de bétail restent concentrées principalement dans les Alpes et en Provence, en particulier dans les sept départements où les loups se sont d'abord installés (Fig. 1 et 2).

Depuis 1992 en France, les loups sont inscrits sous statut de protection stricte, avec interdiction de toute forme de perturbation, de capture ou de mise à mort intentionnelle. La destruction illégale d'un loup est punie de deux ans d'emprisonnement et de 150 000 euros d'amende. Les textes juridiques européens envisagent néanmoins la possibilité d'une dérogation "afin de prévenir des dommages importants si la population [de loups] est en bon état de conservation et en l'absence d'alternatives satisfaisantes" (Conseil de l'UE 1992). Tout en ayant respecté le statut de protection des loups, la France a autorisé les éleveurs à engager un contrôle légal en 2014-2015, s'ils mettent en œuvre au préalable des moyens non létaux de protection et s'ils subissent néanmoins une prédation régulière. L'élimination de loups à l'aide de tirs de défense au troupeau ont eu lieu, de façon administrativement très supervisée, et jusqu'à un plafond de tirs autorisés, calculé et fixé chaque année au niveau national (DREAL Auvergne Rhône-Alpes 2019c).



**Figure 1** – Présence de loups détectée par période biennale pour 2005 (données de mars 2002 à mars 2005) et pour 2019 (données de mars 2016 à mars 2019) à l'échelle de grilles de 10 x10 km et selon un critère de quantité d'indices de présence, y compris les attaques sur le bétail. Une cellule de grille est considérée comme présence régulière (gris foncé) si au moins deux indices ont été recueillis au cours de chacune des deux dernières périodes biennales considérées (2005 : n= 112 ; 2019 : n= 382), sinon elle est considérée comme présence irrégulière (gris clair) (2005 : n= 99 ; 2019 : n= 257). *Source des données* : Réseau OFB Loup-lynx. La zone la plus prédatée (sept départements : Alpes-Maritimes, Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Isère, Savoie, Drôme et Var, située dans les Alpes et en Provence, est entourée d'un épais trait noir.



**Figure 2** – Nombre d'animaux d'élevage retrouvés après avoir été tués ou mortellement blessés par des loups en 2018 selon les départements français (*Source des données* : DREAL et DDT(M) Auvergne Rhône-Alpes).

Depuis la fin des années 1990, la France a mis en place des mesures élaborées de protection du bétail, telles que les chiens de protection de troupeaux (CPT), une présence humaine renforcée, des clôtures sécurisées pour les parcs de pâturage ainsi que des regroupements systématiques de nuit des animaux en enclos électrifiés ou en bâtiments sécurisés. Tous les éleveurs ont été vivement encouragés à appliquer ces mesures, avec le soutien financier de l'État et de l'UE. Depuis 2002, des milliers d'animaux d'élevage sont prédatés chaque année, principalement des ovins, mais aussi des caprins, des bovins, des chevaux et des lamas. Ils ont été indemnisés après que leur mort ait été attribuée à des loups (DREAL Auvergne Rhône-Alpes 2019a). Leur nombre a augmenté de façon

linéaire au cours des 11 dernières années. Les mesures de protection des animaux d'élevage engagèrent en 2018 un montant de 24,67 millions d'euros de fonds publics, l'indemnisation des éleveurs pour leurs pertes de bétail ne se chiffrant qu'à 3,5 millions d'euros supplémentaires (DREAL Auvergne Rhône-Alpes 2019b).

Comment expliquer l'échec de la politique française de protection des animaux d'élevage, malgré les montants financiers importants et croissants alloués chaque année ? Au-delà de l'inévitable imperfection des mesures de protection, nous suggérons que la principale raison provient de l'adaptabilité des loups, notamment de leur capacité à avoir profité pendant 20 ans de leur protection stricte et de conditions favorables.

Nous faisons l'hypothèse que les loups, après avoir été soumis à une pression de braconnage en Italie (Boitani 2000 ; Galaverni *et al.* 2015 ; Hindrikson *et al.* 2016), ont trouvé dans les Alpes françaises des conditions de vie plus confortables et sécurisées. Ils sont d'abord arrivés dans un Parc national de montagne, bien approvisionné en ongulés sauvages naïfs et sans aucune activité de chasse. Ils se sont ensuite progressivement dispersés, sur des lieux où leur présence était nouvelle, inattendue, et leur braconnage bien moins développé qu'en Italie. Durant leurs deux premières décennies de présence, les loups n'ont pas été confrontés à des humains hostiles, comme ceux qui tireraient sur eux afin de défendre leurs troupeaux et/ou qui s'engageraient dans des chasses au loup. Cet état de fait les aurait-il conduits à modifier leur comportement, en ciblant les animaux domestiques comme des proies relativement faciles, et en n'associant plus l'homme, et notamment les éleveurs et les bergers, au danger ?

Comment rétablir chez les loups un comportement d'évitement des humains et de leur bétail, et instaurer ainsi une relation plus acceptable ? L'objectif de cet article est de dépasser l'opposition entre les mesures non létales de protection du bétail et les actions létales envers les loups. Sur la base de nos expériences en France ainsi que dans d'autres pays, des données officielles des services de l'État français et de la littérature scientifique, nous suggérons que les tirs de défense réalisés à proximité des troupeaux soient intégrés au panel des mesures de protection en cours, ceci de façon à provoquer et à entretenir chez les loups la peur vis-à-vis de l'homme et de renforcer aussi l'efficacité des mesures de protection non létales. Notre analyse vise à contribuer au débat sur la gestion des loups et des dommages qu'ils causent au bétail, en considérant les voies de solution déjà empruntées, leurs résultats ainsi que les changements possibles.

## **Données et analyses sur la protection du bétail et les dommages causés par les loups**

### ***Les sources de données***

Depuis 1997, la France a encouragé et financé des programmes nationaux successifs visant à assurer le rétablissement et la viabilité des loups tout en protégeant le bétail. L'actuel Plan national d'action loup et activités d'élevage 2018-2023 (DREAL Auvergne Rhône-Alpes 2018) est un cadre très administré de contrats de protection pour les éleveurs qui bénéficient de fonds publics, avec mise à jour régulière au sujet du nombre d'attaques donnant lieu à des pertes et sur le nombre d'animaux retrouvés morts ou mortellement blessés lorsque la prédation par les loups n'est pas exclue par les responsables des constats de prédation.

Tous les agents en charge des constats sont formés et responsables devant l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), qui depuis 2020 fait partie de l'Agence française de la biodiversité (OFB). Ils évaluent les origines d'attaques et vérifient aussi si les animaux prédatés étaient ou non protégés contre les loups. Leur travail est souvent assez complexe et minutieux (Doré 2015).

Les lieux et les nombres d'attaques ayant entraîné la mort d'animaux d'élevage, ainsi que le nombre d'animaux retrouvés morts, sont rendus publics environ tous les mois pour chaque département français. Ces informations proviennent d'une base de données nationale, appelée "GéoLoup", alimentée par les agents responsables des constats sur appel des éleveurs. Ils enregistrent les conditions de tous les événements de prédation dans les parcelles de pâturage ou les enclos de nuit. Cette information n'est pas accessible au grand public, mais la plupart des administrations publiques y ont accès, y compris et sous convention d'accès aux données, des chercheurs d'institutions publiques. Nous nous référons exclusivement à cette base de données officielle pour les graphiques et analyses présentés ci-dessous.

La base de données GéoLoup ne tient pas compte des animaux disparus (non trouvés en terrain accidenté et/ou dans des endroits très boisés et embroussaillés), ni de ceux trouvés morts après une attaque mais dont l'origine de la prédation ne peut être certifiée (découvertes tardives, après consommation par des vautours, des corbeaux ou des renards). Cela peut représenter jusqu'à la moitié des animaux retrouvés sur un terrain accidenté ou très escarpé (Bacha *et al.* 2007). L'indemnisation couvre actuellement 20 % de la valeur des animaux non retrouvés après une attaque faite dans ces conditions, en plus des animaux trouvés morts ou mortellement blessés.

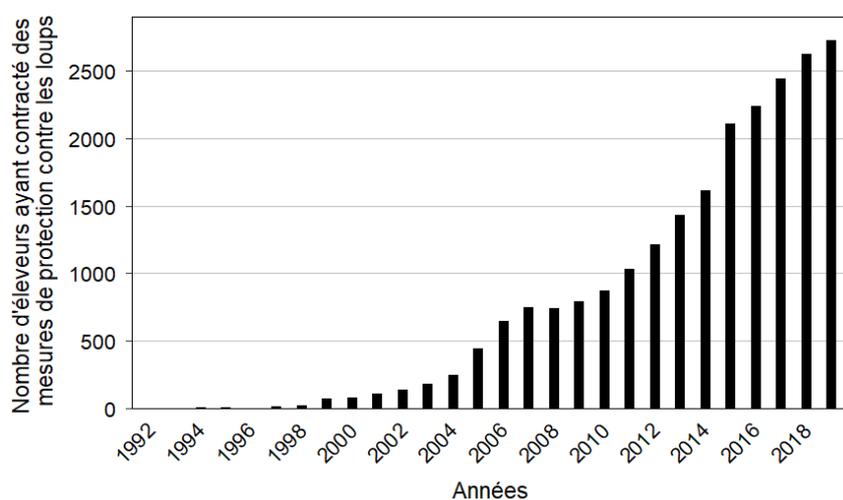
Outre la base de données GéoLoup, nous avons utilisé deux autres bases de données. D'abord, l'estimation du nombre de loups, telle que publiée chaque année par l'OFB (voir méthodologie dans ONCF 2017) à partir des observations du réseau Loup-lynx. Ensuite, les données relatives aux contrats de protection, recueillies au niveau national par la DRAAF (Direction régionale de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt) Auvergne-Rhône-Alpes, après que les éleveurs aient sollicité ou renouvelé un contrat de protection sur cinq ans auprès de la Direction Départementale des Territoires où se situe leur siège d'exploitation.

### ***L'analyse des données***

Nous avons testé différents modèles afin d'évaluer l'évolution interannuelle du nombre d'animaux prédatés. Nous avons d'abord testé un modèle exponentiel par une analyse de régression linéaire. Nous avons ensuite testé plusieurs modèles composites, construits à partir de deux ou trois équations distinctes, ou segments, qui se recoupent. Les fonctions linéaire, exponentielle et de puissance ont été testées pour les deux ou trois segments différents de la courbe. Les modèles composites ont été ajustés aux données par minimisation de la déviation avec la fonction "optim" du module "stats" dans le logiciel R (R Core Team 2018). Nous avons comparé les différents modèles avec le critère d'information d'Akaike modifié pour les échantillons de petite taille (AICc), en sélectionnant le modèle respectant les hypothèses de normalité et d'homogénéité résiduelles, et avec l'AICc le plus bas comme étant le meilleur. La relation entre le nombre d'animaux prédatés et le nombre moyen estimé de loups a été étudiée plus en détail par régression linéaire, car on peut supposer qu'il existe une relation de cause à effet entre le nombre de loups et le nombre de proies tuées. La significativité de la relation et l'existence de périodes historiques distinctes pour cette relation ont été testées par ANCOVA au moyen d'une analyse des contrastes, avec "Période historique" comme variable explicative catégorielle. Enfin, nous avons évalué l'effet du moment de l'attaque (jour ou nuit) sur le nombre d'attaques réussies grâce à une analyse d'ANCOVA, avec "Nombre d'attaques réussies" comme variable de réponse, "Année de l'attaque" comme variable explicative continue, et "Période de la journée" comme variable explicative catégorielle. Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R 3.5.1 (R Core Team 2018). L'AICc a été calculé à l'aide du module R AICcmodavg version 2.3-1. Tous les modèles ont été testés pour la normalité et l'homogénéité des résidus.

## La mise en œuvre des mesures de protection

Les mesures de protection ont toutes été basées sur des pratiques traditionnelles de protection du bétail (Mech 1995). Il s'agit de techniques interdépendantes, fondées sur trois postulats relatifs au comportement des loups : (i) une présence humaine renforcée et continue auprès du troupeau est suffisante pour tenir les loups à distance : les aides-berger ; (ii) un obstacle supplémentaire, souvent plus attentif et vigilant qu'un humain, décourage les loups audacieux : les chiens de protection de troupeaux (CPT) ; (iii) un troupeau enfermé durant la nuit sous la surveillance des hommes et des chiens ne subit plus d'attaque : les enclos de nuit électrifiés. L'utilisation de ces mesures de protection s'est généralisée (Fig. 3), notamment dans les Alpes et en Provence. Cette augmentation des contrats de protection s'est déroulée dans un contexte général de diminution du nombre d'élevages. Dans les Alpes et en Provence, le nombre d'élevages ovins a en effet diminué de 38 % entre 1988 et 2000 et de 27 % entre 2000 et 2010 (Service statistique du Ministère français de l'agriculture 2020). Actuellement, dans les Alpes et en Provence, il y a engagement généralisé des éleveurs à se protéger envers les loups, le nombre de contrats de protection correspondant étroitement au nombre d'Unités Pastorales dans les régions soumises à la prédation, en particulier sur les alpages en été (Dobremez et al. 2016).



**Figure 3** – Nombre d'éleveurs ayant contracté des mesures de protection non létales contre les loups en France (Source des données : DRAAF Auvergne Rhône-Alpes).

Le rôle d'un aide-berger est de décharger le berger en titre des tâches supplémentaires liées à la protection envers les loups ainsi que de faire face aux nombreuses conséquences des attaques, comprenant la recherche d'animaux blessés ou morts, les premiers secours, la protection des cadavres contre les charognards, et l'assistance aux agents chargés des constats de prédation (Vincent, 2014). Ces tâches requièrent environ 200 heures par mois pour un troupeau collectif de brebis gardé en été sur un pâturage de montagne (Silhol et al. 2007), et au moins 100 heures par mois pour un troupeau individuel de brebis ou de chèvres à toutes les autres saisons (Garde et al. 2007). Dans un élevage individuel, et en dehors de la saison d'estive en montagne, les périodes de travail supplémentaires ont généralement lieu tôt le matin, le soir et la nuit. Comme tous les éleveurs voisins ont des exigences de travail similaires et aux mêmes heures, ils ne peuvent pas mutualiser un employé.

Les chiens de protection de troupeaux (CPT), absents durant plus d'un siècle dans les Alpes et le Massif central, y ont été introduits en urgence à partir de la fin des années 1990. Selon les données administratives du soutien financier national, 4 258 CPT ont été enregistrés en France en

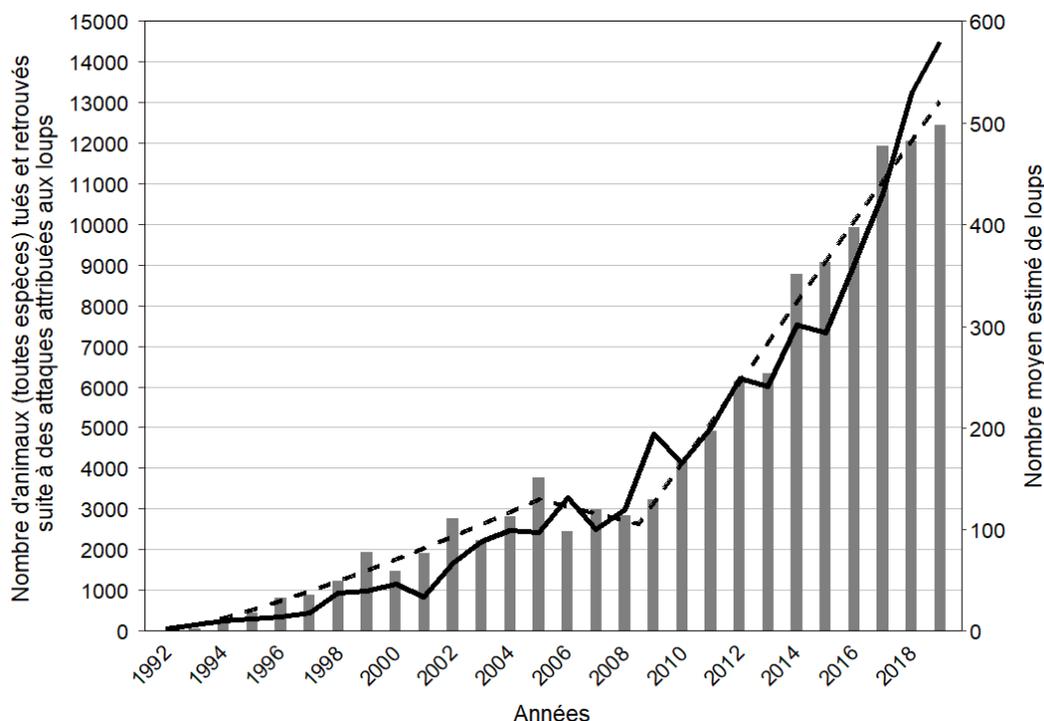
2019, dont 92 % dans les Alpes et en Provence. Comme certains éleveurs dépassent le plafond de financement maximal de CPT autorisé par exploitation, qui dépend des conditions et de la taille du troupeau (MAA-DGPE 2018), nous estimons le nombre actuel total en France à environ 5 000 chiens.

En toutes saisons et dans tous les endroits où les troupeaux pâturent dans des parcs clôturés et ne sont donc pas sous la surveillance constante d'un éleveur ou d'un berger, il est recommandé de sécuriser les clôtures en assurant une électrification fiable, avec un fil de renforcement placé en haut et en bas, et éventuellement de porter la hauteur des clôtures à environ 1,2 m (Garde 2012). Les CPT doivent être maintenus dans chaque parc, et parfois aussi utilisés à patrouiller en périphérie.

Les grands enclos de nuit électrifiés ont été largement adoptés par les éleveurs de brebis et de chèvres qui ne sont pas en mesure de rentrer leurs animaux en bâtiment sécurisé, en particulier sur les estives de montagne. Dans ces enclos, parfois redoublés (double enceinte), où les animaux ne doivent pas être trop entassés, le bétail, les chiens et les humains se retrouvent tous à proximité (Garde 2012 ; Vincent 2014).

## L'ampleur des dégâts de loup sur le bétail

Depuis 1992, le nombre d'animaux domestiques tués et retrouvés suite à des attaques attribuées au loup n'a cessé d'augmenter en lien avec l'accroissement de la population du prédateur (Fig. 4).



**Figure 4** – Nombre d'animaux tués et retrouvés suite à des attaques attribuées aux loups (barres grises), source : DREAL Auvergne Rhône-Alpes) ; estimation du nombre annuel moyen de loups en France (ligne épaisse continue), source : OFB ; modèle de prédiction de la variation du nombre d'animaux tués et retrouvés suite à des attaques attribuées aux loups (ligne pointillée). Pour la période 1992–2005,  $y = 126 \times x^{1.26}$  ; pour 2005–2009,  $y = 5473 - 173x$  ; pour 2009–2018,  $y = -13713 + 991x$ .

En 2019, 12 451 animaux ont été tués ou mortellement blessés par des loups. Le total est probablement plus élevé, car les animaux disparus suite aux attaques ne sont pas dénombrés. Une telle hausse s'est produite dans un contexte de diminution du nombre d'ovins à l'échelle nationale et régionale (les ovins représentent 90 % du bétail indemnisé au titre des dommages causés par les loups). Au total, le cheptel ovin français comptait 6 877 000 têtes en 2017 (Idele 2019). Ce cheptel

national diminue depuis des décennies et depuis 1980 à un rythme de 1 à 1,5 % par an. De 1988 à 2000, le cheptel des Alpes françaises et de la Provence avait stagné ou très légèrement augmenté (+ 1,1 % sur la période), mais il a ensuite diminué de 10,3 % de 2000 à 2010 et de 3,6 % entre 2010 et 2017 (Service statistique du ministère français de l'agriculture 2020).

Le meilleur modèle pour prédire l'évolution du nombre d'animaux d'élevage prédatés est le modèle composite (AICc = 428) composé de trois sections : une fonction puissance pour la période 1992-2005 (la fonction puissance permet de commencer avec zéro victime l'année de l'arrivée des loups), une fonction linéaire pour 2005-2009, et une fonction linéaire pour 2009-2019 (Fig. 4). La pente de la fonction linéaire pour 2005-2009 n'est pas significative (valeur  $t = -1,26$  ;  $p = 0,22$ ). Le nombre annuel d'animaux prédatés au cours de cette période peut donc être considéré comme constant. Le modèle exponentiel simple (AICc = 448) ne satisfait pas les hypothèses de normalité et d'homogénéité des résidus. Il a systématiquement sous-estimé les données observées entre 1998 et 2005, et surestimé les données entre 2006 et 2012. Ce modèle a donc été rejeté.

Quatre périodes différentes ont été observées dans la relation entre le nombre d'animaux prédatés et le nombre moyen estimé de loups (Fig. 5). Le nombre d'animaux tués est positivement lié au nombre moyen estimé de loups sur les deux périodes 1992-2005 et 2010-2017 (Tab. 1 et 2). Au cours de ces périodes, les deux coefficients de la relation ne sont pas significativement différents (Tab. 2). À l'inverse, l'intercepte de la relation est significativement différente (tab. 2), ce qui indique que le nombre moyen de bêtes tuées par loup a diminué entre les périodes 1992-2005 et 2010 - 2017. La relation est non significative tout au long des périodes 2006-2009 et 2017-2019 (Tab. 2). Durant ces deux périodes, le nombre moyen estimé de loups a, respectivement, doublé ou augmenté d'un tiers, alors que le nombre de bêtes tuées est resté relativement constant (Fig. 5).

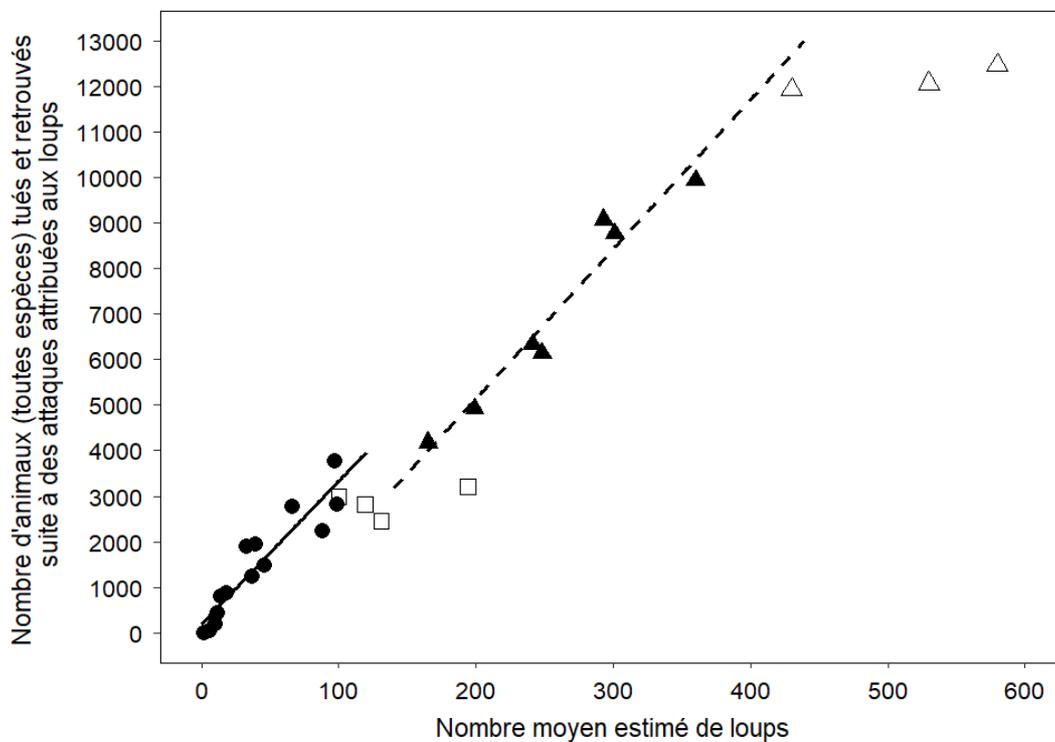
Au cours des treize années ayant suivi l'arrivée des loups en France (1992-2005), le nombre d'animaux d'élevage prédatés a augmenté en relation directe avec le nombre de loups (Fig. 5). Durant cette période, l'adoption des mesures de protection par les éleveurs est restée limitée, avec moins de 300 contrats de protection en 2004 (Fig. 3). Entre 2005 et 2009, un nouveau dispositif financier initié par le Ministère de l'agriculture pour la mise en œuvre de mesures de protection a été mis à disposition de tous les éleveurs dans les zones où vivaient des loups. Il a permis de plus que tripler le nombre d'éleveurs ayant conclu des mesures combinées de protection des troupeaux (Fig. 3). Même si la relation de cause à effet ne peut être testée entre les deux processus, cette période correspond à la stabilisation du nombre d'animaux prédatés, tandis que le nombre moyen estimé de loups a doublé. Malheureusement, cet effet encourageant éventuel des mesures de protection n'a pas persisté.

**Tableau 1** – Résultats de l'ANCOVA de l'effet du nombre moyen estimé de loups (Loups) sur le nombre d'animaux d'élevage prédatés avec la période historique (Période) comme variable catégorielle.

Source de variation	df	F-value	P-value
Loups	1	1849	< 0.001
Période	3	8	0.001
Loups x période	3	16	< 0.001

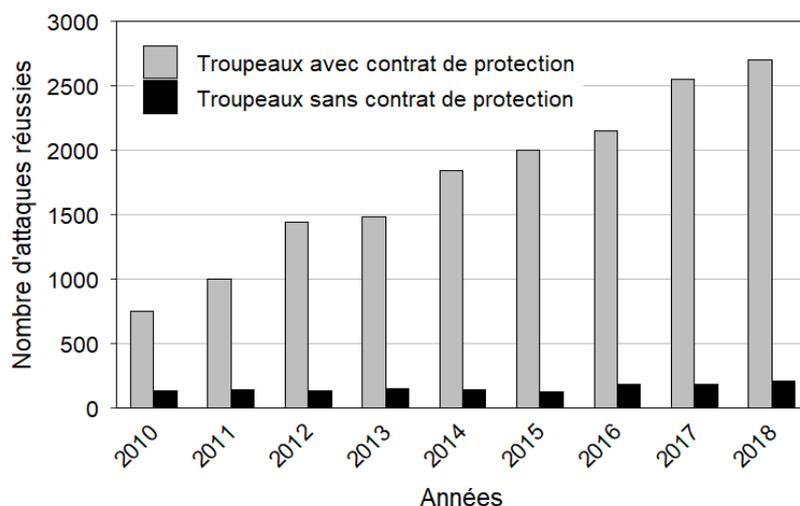
**Tableau 2** – Analyse de contraste suivant l'ANCOVA de l'effet du nombre moyen estimé de loups (Loups) sur le nombre des animaux prédatés avec la période historique (Période) comme variable catégorielle. Les périodes historiques correspondent aux intervalles suivants : période 1 = 1992-2005 ; période 2 = 2006-2009 ; période 3 = 2010-2016 ; période 4 = 2017-2019.

Intervalle d'années	t-value	P-value
<i>Effet des loups (significativité de la pente)</i>		
Période 1	8.48	< 0.001
Période 2	0.57	0.57
Période 3	11.56	< 0.001
Période 4	0.74	0.47
<i>Différence de pentes</i>		
Période 1 vs. 2	-3.71	< 0.001
Période 1 vs. 3	0.30	0.77
Période 1 vs. 4	-5.03	< 0.001
Période 2 vs. 4	-0.08	0.94
<i>Différence d'intercept</i>		
Période 1 vs. 3	-2.44	0.025



**Figure 5** – Régression linéaire du nombre d'animaux tués et retrouvés suite à des attaques attribuées aux loups par rapport au nombre moyen estimé de loups en France. Valeurs observées 1992-2005 (cercles noirs) ; 2006-2009 (carrés blancs) ; 2010-2016 (triangles noirs) ; 2017-2019 (triangles blancs) ; régression linéaire pour la période 1992-2005 (ligne continue) ; régression linéaire pour la période 2010-2017 (ligne pointillée).

De 2009 à 2017, la situation s'est fortement détériorée. Le nombre d'animaux prédatés a de nouveau augmenté de façon linéaire en lien avec le nombre de loups. Si le nombre moyen de victimes par loup était légèrement inférieur à celui de la période 1992-2005, le rythme d'augmentation fut identique. Une hypothèse couramment avancée est que les loups auraient atteint d'autres régions de France où les éleveurs étaient mal préparés à protéger leurs troupeaux. Toutefois, les données invalident cette hypothèse, car les sept départements où les loups sont apparus en premier en France (Alpes-Maritimes, Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Isère, Savoie, Drôme et Var, voir Fig. 1), qui subissaient 99,5 % des pertes en 2001 et 99 % en 2005, enregistraient encore 87 % des pertes nationales en 2019 et concentraient 78 des 81 meutes de loups identifiées en France au cours de cette même année. La majeure partie de l'augmentation du nombre de victimes provient donc, et toujours, de la région de France initialement prédatée. Une autre hypothèse couramment avancée est que les attaques de loups se produiraient dans des troupeaux non encore protégés, mais cette hypothèse est également invalidée par le recensement des conditions de chaque attaque réussie. Dans la zone la plus prédatée (la zone initialement prédatée, qui comprend les sept départements cités ci-dessus), la majorité des attaques de loups (> 92 %) ont eu lieu dans des troupeaux considérés comme protégés par les agents chargés des constats (Fig. 6). Un troupeau reconnu comme protégé appartient à un éleveur et/ou à une association d'éleveurs ayant souscrit un contrat de protection effectivement mis en œuvre, cette condition étant le plus souvent vérifiée lors du constat.



**Figure 6** – Nombre d'attaques réussies de loups sur le bétail entre 2010 et 2018 dans la zone la plus prédatée de France (départements des Alpes-Maritimes, Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Isère, Savoie, Drôme et Var concentrant 90% des attaques), en distinguant les troupeaux appartenant à un éleveur avec ou sans contrat de protection (Source des données : base GéoLoup, DREAL Auvergne Rhône-Alpes).

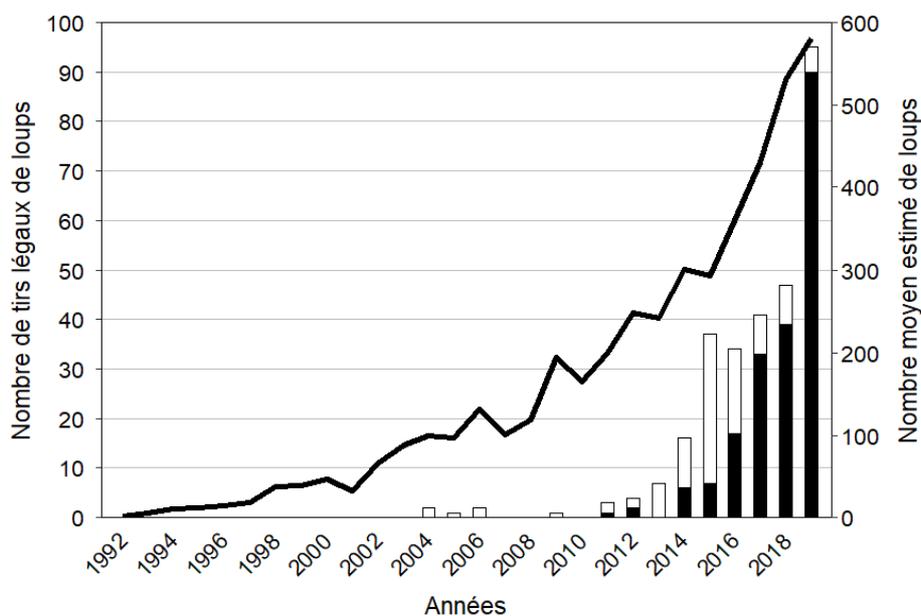
Pourquoi alors le nombre d'animaux tués a-t-il recommencé à augmenter de façon linéaire avec le nombre de loups, et au même rythme qu'avant la mise en œuvre des mesures de protection ? Ceci malgré l'utilisation généralisée des mesures qui semblaient pourtant avoir fait leurs preuves entre 2005 et 2009 chez les éleveurs exposés à la prédation ? Quel processus, dans la relation complexe entre le bétail, les mesures de protection et les loups, explique la forte détérioration de la situation après 2009 ?

## L'adaptation tardive de la politique de gestion des loups et de leurs impacts sur l'élevage

De 1993 à 2013, la France était très réticente à autoriser le contrôle légal de loups, en raison des engagements juridiques pris en 1992 de reconstituer une population de loups dans un état de conservation favorable. Cependant, de 2004 à 2013, plusieurs arrêtés de prélèvements de loups particulièrement gênants pour des élevages, n'ont abouti qu'à des tirs de loups par des agents de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) très limités (Fig. 7). Cette faible mise en œuvre s'explique par un manque d'expérience et d'équipement, ainsi qu'à des actions en justice menées par des associations pro-loups (Audrain-Demey 2016). Des incidents de braconnage ont également été signalés au cours de cette période (Doré 2015).

En 2014, et surtout en 2015, l'effectif total de loups ayant considérablement augmenté, jusqu'à atteindre une moyenne nationale estimée alors à 300, le Ministre de l'Environnement a radicalement modifié sa politique de gestion afin de tenter de réduire les dommages au bétail sans compromettre le processus de restauration du loup dans le pays. Par conséquent, lorsque toutes les mesures de protection non létales avaient été mises en œuvre sur des fermes ou sur des estives de montagne mais apparaissaient avoir échoué, les tirs à proximité de ces troupeaux ont été progressivement autorisés. Jusqu'en 2016, la majorité des tirs étaient des prélèvements de loups (barres blanches, Fig. 7), principalement dans le cadre de battues confiées à des sociétés de chasse locales sous la supervision de l'ONCFS. Les autorisations de tir de défense à proximité des troupeaux par les éleveurs eux-mêmes, agissant seuls ou avec l'aide de chasseurs locaux autorisés (barres noires, Fig. 7), restaient encore minoritaires. À l'automne 2015, une brigade nationale loup a été créée sous la responsabilité de l'ONCFS. Disposant de compétences et du matériel adéquat pour des interventions de jour comme de nuit, la brigade mobilise des agents en binôme afin d'intervenir auprès d'un éleveur à condition qu'il ait déjà mis en œuvre des mesures de protection non létales puis obtenu l'autorisation officielle de défendre son troupeau suite à des attaques. Ces agents sont habilités à tirer sur des loups qui s'approchent encore fréquemment, par exemple autour ou même parfois à l'intérieur d'un enclos de nuit électrifié, où le bétail est regroupé sous la protection de chiens.

A partir de 2016, la politique nationale a privilégié les tirs de défense par les éleveurs, seuls ou avec l'aide de chasseurs autorisés, autour des périmètres proches des troupeaux (barres noires, fig. 7), plutôt que de tenter d'éliminer des loups lors de battues le plus souvent infructueuses et non ciblées. Dans les Alpes, en raison de la forte densité de loups, les battues n'avaient en effet pas permis de s'assurer qu'étaient bien éliminés ceux qui causaient des dommages récurrents au bétail. Jusqu'en 2018, les permis de tirs de loups, rassemblant les deux catégories, tirs de défense et de prélèvement, étaient plafonnés chaque année au niveau national à un maximum de 10 % de la population moyenne annuelle de loups estimée à la fin de l'hiver (mars-avril) de l'année en cours. Ce chiffre était considéré comme relativement sûr pour ne pas affecter une population de loups qui s'accroissait d'environ 15 à 22 % par an. L'augmentation des tirs entre 2015 et 2018 n'a pas réduit de manière significative le taux de croissance de la population de loups (Fig.7).



**Figure 7** – Nombre de tirs légaux de loups en France (barres noires, tirs de défense des troupeaux ; barres blanches, tirs de prélèvement de loups) et estimation du nombre moyen de loups (ligne continue) en fin d'hiver (année/année + 1) (Sources des données : DREAL Auvergne-Rhône-Alpes et OFB).

En 2019, la politique nationale a une nouvelle fois changé après évaluation par les deux Ministères en charge du dossier. D’abord, l’effectif total estimé de loups avait atteint 527 (IC 477-576), dépassant le seuil de 500 jugé satisfaisant pour assurer un état de conservation favorable de la population, ensuite le taux de croissance annuel de la population de loups restait satisfaisant. Le plafond annuel du nombre de tirs autorisés a été porté à 17 % de la population totale moyenne estimée de loups, soit environ le double du nombre autorisé en 2018 (de Rugy et Guillaume, 2019).

Comme les personnes autorisées à tirer avaient acquis des compétences et que de nombreux éleveurs demandaient des autorisations de tir de défense s’ajoutant à leurs moyens de protection non létaux, le plafond annuel a presque été atteint cette année-là, en grande majorité par des tirs de défense opérés à proximité des troupeaux (barres noires, fig. 7). De 2018 à la fin de l’hiver 2019-2020, le rythme de croissance de la population de loups s’est ralenti à 9 %, et l’effectif total estimé de la population de loups a atteint 580 (IC 528-633) (OFB, 2020). Le même plafond d’autorisations de tirs a été renouvelé pour 2020, avec l’objectif de maintenir un effectif de loups plutôt stable, tout en réduisant fortement les dommages de prédation causés aux troupeaux.

A partir de 2016, les pertes de bétail se sont stabilisées correspondant dans le temps avec cette forte augmentation du nombre de tirs de défense, alors même que la population de loups continuait à augmenter (Fig. 5). Nous devons rester prudents avec cette dernière relation, car elle ne concerne que les deux dernières années de nos séries de données et nous ne pouvons pas tester l’éventuelle relation de causalité.

## Comment expliquer l'échec des mesures de protection ?

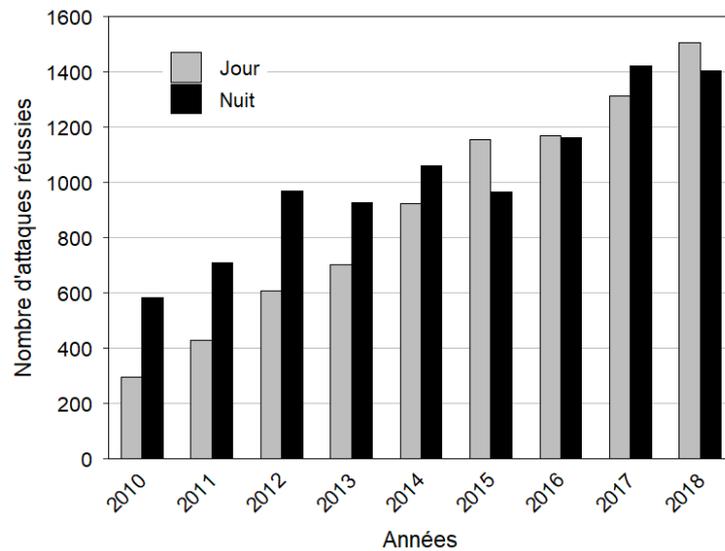
Les mesures de protection des troupeaux ont été préconisées par de nombreux acteurs de la conservation des grands carnivores. Cependant, comme le notent Eklund *et al.* (2017), les études expérimentales et quasi expérimentales sont encore rares sur le terrain, et très peu d’entre elles appliquent un dispositif d’étude avec cas-témoin. Une étude plus récente de Khorozyan et Waltert (2019) suggère une réduction de 100 % des dommages grâce à des clôtures électriques, et un pourcentage élevé de réduction des dommages résultant de l’utilisation de chiens de protection.

Cependant, les résultats sont basés sur des publications (Ciucci et Boitani 1998 ; Wam et al. 2004 ; Illiopoulos et al. 2009 ; Salvatori et Mertens 2012) qui ne répondent pas aux critères préconisés par Eklund et al. (2017), notamment parce qu'aucun traitement de contrôle n'a été utilisé. Même avec un contrôle, les résultats sont difficiles à interpréter, comme ceux de Wam et al. (2004) où les attaques se sont apparemment arrêtées dans des pâturages équipés de clôtures électriques, contrairement aux clôtures traditionnelles. Si l'on considère que cette étude a été réalisée sur un seul territoire de loups, il est tout à fait possible que la prédation se soit déplacée depuis des pâturages équipés vers des pâturages non équipés, la prédation totale restant stable. Il est donc difficile d'interpréter ce résultat comme un succès, et encore moins d'en tirer des conclusions sur l'efficacité des clôtures électriques une fois que tous les pâturages en sont équipés. En règle générale, il est difficile d'évaluer l'efficacité dans l'absolu d'une méthode de protection à petite échelle, car la prédation peut se reporter vers des troupeaux non protégés tant que la protection ne se généralise pas sur la zone. À notre connaissance, aucune étude n'a été menée suggérant une diminution de la prédation après la mise en œuvre de mesures de protection dans les grandes zones où tous les troupeaux sont protégés. Or, il apparaît que presque tous les troupeaux sont protégés dans les Alpes françaises (DREAL AURA 2019a), même si nous sommes conscients que les données concernant le niveau d'application des mesures de protection dans certains élevages font parfois défaut.

Non seulement l'efficacité des mesures de protection n'est pas clairement prouvée, mais le premier postulat sous-jacent aux mesures de protection des troupeaux en France pendant 20 ans, à savoir "une présence humaine supplémentaire et continue avec le troupeau est suffisante pour tenir les loups à distance" se révèle éloigné de la réalité vécue dans le pays. Il provenait d'observations réalisées dans d'autres pays où les humains (éleveurs, bergers, chasseurs) sont en mesure de repousser activement les grands carnivores en raison de la menace pour le bétail. Ils établissent ainsi un paysage de coexistence où ces grands carnivores s'adaptent à l'homme grâce à une ségrégation spatio-temporelle (Oriol-Cotterill et al. 2015). "Le loup craint l'homme" est une hypothèse éculée, transposée de pays tels que le Canada, la Russie et la Scandinavie où les loups, de tous temps abondants, (Linnell et al., 2002), demeurent activement contrôlés, surtout lorsqu'ils s'approchent des humains et de leurs troupeaux.

En outre, les mesures de protection n'ont pas tenu compte de la grande adaptabilité des loups. En effet, les loups ont été décrits comme très intelligents, dotés d'une vie sociale en famille (meutes), donc doués de capacités d'apprentissages individuels et collectifs, particulièrement adaptables, opportunistes, souvent imprévisibles, et par ailleurs prolifiques (Mech et Boitani, 2003).

Un exemple de la capacité des loups à modifier leur comportement de manière opportuniste en France est le nombre croissant d'attaques réussies désormais effectuées en journée (Fig. 8). De 2010 à 2018, les attaques diurnes ont augmenté plus rapidement que les attaques nocturnes (comme l'indique l'interaction significative entre "Année de l'attaque" et "période de la journée", Tab. 3). Alors qu'avant 2014, le nombre d'attaques réussies était plus important durant la nuit, ce nombre est devenu équivalent à partir de 2014 entre le jour et la nuit (comme indiqué par l'effet de la période de la journée avant et après 2014, Tab. 3). La combinaison du confinement nocturne en présence de trois ou quatre CPT peut offrir une certaine protection contre les attaques de loups durant la nuit (Espuno et al. 2004). Cependant, les loups s'adaptent à cette protection en basculant vers des attaques de jour. Un autre changement opportuniste est que, si les attaques se produisent toujours sur les pâturages d'alpage en montagne, elles sont aussi de plus en plus fréquentes dans les vallées et les plaines à presque toutes les saisons dans les régions peu enneigées, un phénomène signalé également par les bergers kirghizes (Lescureux 2006). Faire pâturer un lot de brebis, de chèvres, ou même des vaches et leurs veaux, à proximité immédiate d'une ferme, d'un village ou d'un lotissement périurbain, n'est plus synonyme de tranquillité pour les éleveurs.



**Figure 8** – Nombre d'attaques réussies de loups sur le bétail dans la zone la plus prédatée de France (départements des Alpes-Maritimes, Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Isère, Savoie, Drôme et Var concentrant 90% des attaques) entre 2010 et 2018, selon que les attaques ont eu lieu de nuit ou de jour (Source des données : base GéoLoup).

**Tableau 3** - Résultats de l'ANCOVA de l'évolution du nombre des attaques réussies selon le temps (Année de l'attaque) et la période de la journée (jour / nuit) comme variable catégorielle.

Source de variation	t-value	P-value
Année de l'attaque	15.6	< 0.001
Période de la journée	3.9	0.001
Année de l'attaque x période de la journée	-3.9	0.001
<i>Intervalle 2010-2013</i>		
Année de l'attaque	7.1	< 0.001
Période de la journée	6.8	0.001
<i>Intervalle 2014-2018</i>		
Année de l'attaque	6.7	< 0.001
Période de la journée	-0.2	0.85

## Y a-t-il une piste de solution ?

Que ce soit par phénomène conscient ou non (Appleby *et al.* 2013 ; Gonçalves et Biro 2018), la mort d'un congénère conduit certainement les individus loups à percevoir une menace associée à des situations ou des contextes particuliers, comme la présence d'humains et de leur bétail.

Pendant 20 ans, les éleveurs et bergers en France, aussi motivés soient-ils, n'ont pas été en mesure de montrer aux loups la menace qu'ils représentaient pour eux. Ce n'est que récemment que certains éleveurs ont été autorisés à pratiquer du tir de défense au troupeau, mais uniquement

après que les loups aient réussi à déjouer leurs autres moyens de protection. Un expert en conservation des grands carnivores au Montana (États-Unis) nous a déclaré : "Lorsqu'un loup a déjà obtenu un bénéfice alimentaire à partir du bétail à un endroit et à une saison donnée, il devient bien plus difficile à repousser ensuite de cet endroit." (Matt Barnes, *comm. pers.*), un phénomène bien connu en éthologie et en psychologie sous le nom de renforcement positif (voir, par exemple, Vasconcellos *et al.* 2016).

D'autres expériences suggèrent que la coexistence entre le bétail et les loups nécessite l'établissement, ou le rétablissement, de relations de réciprocité afin de maintenir une distance acceptable et de minimiser les conflits (Lescureux 2006, 2007 ; Lescureux *et al.* 2018). La réciprocité correspond à un ajustement proportionnel entre l'impact lié à la prédation (écologique, économique, social et psychologique) et les moyens légaux d'exercer un contrôle direct sur la prédation et les prédateurs. La réciprocité consiste aussi à tenir les prédateurs à distance lorsque leur comportement représente une menace (c'est-à-dire, à proximité des fermes, des villages, des banlieues urbaines et/ou des troupeaux domestiques).

La réciprocité implique l'utilisation possible de moyens létaux (tir et/ou piégeage) avant, pendant ou juste après une attaque sur le bétail, afin d'éliminer les individus ou les groupes les plus téméraires. Elle implique tout autant d'associer la présence d'humains travaillant avec les troupeaux à une menace immédiate, prévisible et potentiellement grave (Bangs *et al.* 2006 ; Lescureux *et al.* 2018). La réciprocité établit ainsi une relation assez directe entre les humains locaux et les loups avec qui ils partagent un territoire. Comme le signale Stépanoff (2018), le chasseur-berger sibérien considère que les relations avec les loups impliquent respect, rivalité et justice, entraînant l'élimination par tous les moyens possibles de ceux qui attaquent son troupeau. Par conséquent, le rétablissement de la réciprocité en France impliquerait que les tirs de défense à proximité des troupeaux soient accordés sur les zones où se trouvent des loups, dans des conditions temporelles et spatiales adaptées au contexte local et de manière réactive. Les tirs de défense seraient considérés comme un moyen de protection au même titre que les actuels moyens non létaux. Les tirs de défense et les autres mesures de protection pourraient se compléter et se renforcer mutuellement.

Il peut être difficile d'évaluer l'efficacité du contrôle létaux. Les études suggèrent des résultats divers à des échelles et des intensités de contrôle variables. Néanmoins, aux États-Unis, la récurrence des attaques diminue dans les fermes équipées de pièges par rapport à celles non équipées, mais sans effet visible au niveau plus large des États (Harper *et al.* 2008). DeCesare *et al.* (2018) ont montré que cibler et éliminer des loups après prédation réduisait la probabilité de leur récurrence au sein d'un district de chasse. Bien que Wielgus et Peebles (2014) aient trouvé un résultat contre-intuitif avec du contrôle létaux aboutissant à une augmentation de la prédation sur le bétail, leur analyse a été contestée par Poudyal *et al.* (2016) et Kompaniyets et Evans (2017) qui ont mesuré des effets statistiquement négatifs d'une telle élimination létale sur la prédation ultérieure. Bradley *et al.* (2015) ont également constaté un effet à long terme de l'élimination des loups sur la prédation du bétail, notamment suite à l'élimination rapide (en moins de 7 jours) et complète d'une meute après un acte de prédation. Au vu de ces différents résultats, il apparaît que, comme l'ont mentionné Treves *et al.* (2016), le contrôle des prédateurs ne devrait pas se faire "à l'aveugle". Il doit être ciblé sur les individus ou les meutes qui s'attaquent au bétail, et son effet doit être évalué à long terme. Cependant, contrairement à Treves *et al.* (2016), nous considérons que pour évaluer l'effet des tirs de loups, ils doivent être autorisés et effectivement mis en œuvre. Comme l'a récemment souligné Grente *et al.* (2020) pour le cas de la France, l'évaluation des effets des tirs de loups doit tenir compte du contexte général (pratiques d'élevage, espèces de bétail concernées, mesures de protection existantes...) aux différentes échelles spatiales et temporelles, afin de prendre en compte le possible report de la prédation sur d'autres troupeaux.

Si, comme nous en formulons l'hypothèse, l'élimination ciblée de loups les amène à craindre les humains ainsi que leurs infrastructures et leurs différentes espèces d'animaux d'élevage associées, dans ce qu'Orjol-Cotterill *et al.* (2015) considèrent comme un paysage de coexistence, l'efficacité des moyens non létaux pourrait en être renforcée. En effet, sans conséquences attendues et tangibles pour les loups (risque de blessure/mortalité), les dispositifs d'effarouchement deviennent inutiles. Un examen des nombreuses techniques répulsives mises en œuvre depuis 15 ans dans les Montagnes Rocheuses nord-américaines a conclu que toutes les techniques, visuelles, sonores ou olfactives, doivent être constamment associées à un danger immédiat et grave pour les loups. Sinon, après plusieurs jours, les loups les ignorent et reprennent leurs comportements prédateurs habituels (Bangs *et al.* 2006).

La capacité de vigilance des chiens de protection de troupeaux, notamment par l'odorat, est sans commune mesure supérieure à celle des humains, mais ces chiens ne sont efficaces que lorsqu'ils servent de "rappel" ; les loups doivent en effet déjà avoir appris qu'il y a un danger évident à s'approcher des humains, des chiens de protection et du bétail. Sinon, les loups insistants finiront par dominer les chiens. Multiplier le nombre de chiens pourrait être efficace, mais cela limiterait de plus en plus l'utilisation des lieux pour des activités de loisirs comme la randonnée et le VTT.

La piste de solution proposée, fondée sur la réciprocité d'action, serait confrontée à la Directive européenne "Habitats" (signée et mise en œuvre par la France à partir de 1992). Cette réglementation impose en effet que le contrôle direct des loups, y compris les tirs de défense au troupeau par un éleveur et ses aides, ne soit autorisé que par dérogation, c'est-à-dire avec modération, et "... en l'absence d'alternatives satisfaisantes." (Conseil de l'UE 1992).

La difficulté à rétablir la réciprocité en France est donc la conséquence de deux facteurs. Le premier tient à la longue histoire de la gestion des populations de loups sous la responsabilité de l'État en Europe du sud et de l'ouest, une tradition qui remonte au moins au VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère en Grèce et qui a été suivie par la création d'officiers de chasse au loup, d'abord dans l'Antiquité romaine, puis dans l'Empire de Charlemagne (Stépanoff 2018). Cette approche centralisée de la gestion des relations homme-loup se perpétue aujourd'hui en France dans une approche de gestion et de régulation des populations, qui peut à la fois empêcher de tuer les loups qui s'attaquent au bétail, et conduire à tuer des loups inoffensifs. Les règles ne favorisent pas l'approche individuelle et réciproque qui caractériserait les bergers kirghizes ou les chasseurs-bergers sibériens, lesquels ne tuent que des loups attaquant leurs troupeaux, sans prétendre le moins du monde réguler la population.

Le deuxième facteur concerne l'armement des éleveurs et des bergers, dont on attendrait qu'ils fassent preuve d'une attention constante à l'égard des prédateurs. Par contraste avec ce qui se passe dans d'autres pays, cette activité n'est généralement pas compatible avec la charge de travail des éleveurs en France dans d'autres activités, et elle est également antagoniste de l'activité de garde des troupeaux pour leur alimentation par des bergers (Meuret et Provenza 2015a, 2015b). Dans plusieurs pays où les bergers ou éleveurs agissent surtout en tant que "vigiles" contre les prédateurs, le contrôle de l'alimentation du troupeau et de son impact sur les milieux pâturés est fortement réduit, les troupeaux étant lâchés le matin depuis l'enclos de nuit, surveillés à distance durant la journée, puis rassemblés le soir avec l'aide des chiens de conduite (Ogada *et al.* 2003 ; Barnes et Hibbard 2016).

La piste de solution que nous proposons consiste à généraliser en France l'autorisation des tirs de défense sur les loups s'attaquant au bétail, ou s'approchant de près des troupeaux et présentant un comportement prédateur (direction et vitesse de déplacement, attitudes...), sans avoir à attendre l'échec répété des mesures de protection non létales. Le tir de défense pourrait être effectué par l'éleveur avec l'aide de chasseurs locaux autorisés. En d'autres termes, la protection des troupeaux contre les loups serait gérée collectivement à l'échelle locale afin d'assurer la

durabilité de l'activité d'élevage et de pâturage sur chaque territoire concerné. La possibilité de recours supplémentaire à la brigade nationale loup devrait également être encouragée. Cependant, cette brigade n'est souvent pas en mesure d'agir auprès d'un troupeau avec la réactivité et la flexibilité nécessaires. Ces agents ne sont envoyés sur un site de pâturage que sur demande administrative approuvée au niveau national, puis arrivent sur les lieux plusieurs jours après la première attaque, et ils connaissent beaucoup moins bien les lieux que les chasseurs et éleveurs locaux.

## Conclusion

La protection des troupeaux en France, encadrée par une réglementation nationale basée sur une directive européenne, part du principe que les loups ont peur de l'homme. Cette peur n'est pas, en réalité, un trait intrinsèque et permanent de l'espèce. Il s'agit plutôt d'un comportement au moins partiellement acquis, qui doit être constamment renforcé en associant explicitement une présence humaine proche à une menace réelle. Les techniques d'effarouchement, ou de répulsion non létale, ne sont utiles que comme signal pour rappeler le risque de mort ou de blessure grave dû au non-respect des règles. Par conséquent, les techniques non létales et létales doivent être mieux intégrées, ou utilisées en combinaison lorsque nécessaire (Bangs *et al.* 2006 ; Lescureux *et al.* 2018).

Plutôt qu'une coexistence passive, c'est un processus dynamique et en constante évolution de coadaptation entre les humains et les loups qui doit être considéré dans des conditions réelles et sans omettre les effets de contexte (Lescureux et Linnell 2013 ; Garde et Meuret 2017 ; Mech 2017). Les tests de techniques de protection du bétail ne deviennent pertinents que lorsqu'ils sont réalisés sur les territoires de vie et de chasse habituels du prédateur, ce qui permet de connaître tous les autres attracteurs ou répulsifs du paysage, et dans le cadre des comportements humains existants, et pour la plupart prévisibles. Il en va de même pour les tests comportementaux sur les chiens de protection. Il en existe de nombreuses races, mais leurs compétences et leurs motivations pour alerter et intervenir dépendent d'habitudes antérieures, acquises au sein de leur groupe social de naissance, sur un terrain particulier et dans un contexte de travail tout aussi particulier (Lescureux et Linnell 2014 ; Van Bommel et Johnson 2014 ; Candy *et al.* 2019). La transmission des compétences au sein de groupes de chiens, en coordination avec les humains, est un sujet de recherche prometteur.

Pour traiter simultanément des capacités d'adaptation des loups et des troupeaux, les éleveurs et bergers ont un besoin urgent d'accompagnement. Certaines formes de gestion adaptative soigneusement conçues dans des environnements réels peuvent être considérées comme des quasi-expérimentations (Williams et Brown 2014 ; Johnson *et al.* 2015), les chercheurs privilégiant alors les enquêtes et les suivis comparatifs sur le terrain. Compte tenu de l'étendue et de la diversité des territoires occupés par les loups en Europe et ailleurs, de nombreuses situations peuvent être étudiées. Elles sont instructives lorsque les résultats sont rigoureusement contextualisés et présentés sans excès de généralisation (Mech 2012 ; Allen *et al.* 2017). Des connaissances et des savoir-faire expérimentiels existent, ils peuvent être collectés et leurs efficacités comparées au moyen d'approches ethnoécologiques. Les pays ou régions en transition politique et culturelle, entraînant des changements dans les pratiques d'élevage, de chasse et de gestion de la faune sauvage, présentent des situations fort intéressantes, où les changements dans la gestion et les pratiques de régulation peuvent ou non faciliter la coadaptation avec les prédateurs (Lescureux *et al.* 2018).

Les loups menacent la viabilité, la vivabilité et la reproductibilité des élevages qui utilisent en France des combinaisons de fourrages naturels et cultivés tout au long de l'année. La majorité d'entre eux font pâturer des groupes d'animaux distincts (par exemple, ovins, bovins, caprins, équins), dispersés sur des pâturages clôturés en fonction des besoins alimentaires et des ressources

à pâturer. Face aux loups, est-il possible de concevoir que tous ces herbages cultivés, pelouses naturelles, parcours de broussailles et de sous-bois, soient équipés de hautes clôtures électrifiées et de multiples chiens de protection ? Le tribut payé par le bétail et les éleveurs est déjà considérable, mais ce n'est qu'une partie de l'histoire. Le reste est profondément inscrit dans le vécu physique et émotionnel des éleveurs, des bergers et des communautés locales (Dumez *et al.* 2017, Zahl-Thanem *et al.* 2020).

Plus largement, tout ceci interroge notre façon d'interagir avec la faune sauvage. Érigeons-nous divers types de clôtures et de murs ainsi que des lois strictes pour protéger les animaux sauvages contre l'homme ou pour protéger les activités humaines contre les animaux sauvages, ou bien interagissons-nous avec les animaux sauvages en utilisant divers moyens d'adaptation, certains parfois létaux, afin de maintenir une distance acceptable et une coexistence plus satisfaisante et plus vivable ?

## Remerciements

Les auteurs remercient les nombreux bergers, éleveurs, agents de développement, maires, administrateurs et décideurs politiques ayant contribué à nos recherches. Nous sommes reconnaissants envers l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. (INRAE) qui a créé notre réseau de chercheurs et qui lui a ensuite donné les fonds nécessaires pour les recherches. Veuillez consulter le site <https://coadapht.fr/> pour une liste détaillée des activités et des produits de notre réseau au fil des ans. Nous remercions les trois évaluateurs anonymes ainsi que les éditeurs, dont les commentaires ont permis d'améliorer une version antérieure de notre manuscrit. Enfin, nous remercions vivement Fred Provenza, professeur émérite à l'Université de l'Utah, USA, pour nous avoir aidés à peaufiner notre anglais.

## Financement

Cette recherche a reçu le soutien financier de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. (INRAE), département de recherche Action, Transitions et Territoires (ACT), ainsi que du Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur et de l'Union européenne dans le cadre du FEADER.

## Références

- Allen, B.L., Allen, L.R., Andrén, H., Ballard, G., Boitani, L., Engeman, R.M., Fleming, P.J.S., Ford, A.T., Haswell, P.M., Kowalczyk, R., Linnell, J.D.C., Mech L.D., and Parker, D.M. (2017). Can we save large carnivores without losing large carnivore science? *Food Webs*, 12, 64-75.
- Appleby, R., Smith, B., and Jones, D. (2013). Observations of a free-ranging adult female dingo (*Canis dingo*) and littermates' responses to the death of a pup. *Behavioural Processes*, 96, 42-46.
- Audrain-Demey, G. (2016). Le loup : de la protection des troupeaux à la régulation de l'espèce. *Revue Juridique de l'Environnement*, 41, 234-252.
- Bacha, S., Bataille, J-F., and Garde, L. (2007). Indemnisation des pertes et évaluation des coûts réels. In: 'Loup – Elevage : s'ouvrir à la complexité'. Actes du séminaire des 15 et 16 juin 2006. (Ed L. Garde.) pp. 150-161. CERPAM, Manosque, France.
- Bangs, E., Jimenez, M., Niemeyer, C., Fontaine, J., Collinge, M., Krsichke, R., Handegard, L., Shivik, J., Sime, C., Nadeau, S., Mack, C., Asher, V., and Stone, S. (2006). Non-lethal and lethal tools to manage wolf-livestock conflict in the Northwestern United States. In: 'Proceedings 22nd Vertebrate Pest Conference'. (Eds R.M. Timm and J.M. O'Brien.) pp. 7-16. (Univ. California Davis, California, USA).

- Barnes, M., and Hibbard, W. (2016). Strategic grazing management using low-stress herding and night penning for animal impact. *Stockmanship Journal*, 5, 57-71.
- Beaufort, F.G. de (1988). *Écologie historique du loup, Canis lupus L. 1758, en France*. Thèse d'État, Université de Rennes I, 4 vol.
- Boitani, L. (2000). Action Plan for the conservation of the wolves (*Canis lupus*) in Europe. Council of Europe, Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern Convention), Report No. 113, Strasbourg, France: 85p
- Boitani, L., Phillips, M., and Jhala, Y. (2018). *Canis lupus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T3746A119623865. Available at: <https://www.iucnredlist.org/species/3746/119623865> (accessed 17 August 2019)
- Bradley, E.H., Robinson, H.S., Bangs, E.E., Kunkel, K., Jimenez, M.D., Gude, J.A. and Grimm, T. (2015), Effects of wolf removal on livestock depredation recurrence and wolf recovery in Montana, Idaho, and Wyoming. *Jour. Wild. Mgmt.*, 79: 1337-1346. doi:10.1002/jwmg.948
- Breitenmoser, U. (1998) Large predators in the Alps: The fall and rise of man's competitors. *Biological Conservation*, 83, 279-289.
- Candy, F., Débit, S., and Garde, L. (2019). *Chiens de protection : quand les éleveurs forgent les savoirs dans les Alpes*. Rapport enquête CERPAM, FAI-Isère, ADEM-Drôme, SEA-Savoie, SEA-Haute-Savoie, Manosque, 162.
- Ciucci, P., and L. Boitani. 1998. Wolf and dog depredation on livestock in central Italy. *Wildlife Society Bulletin* 26:504-514.
- Conseil de l'UE (1992). Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1992/43/oj> (accessed 17 August 2019)
- DeCesare, N. J., S. M. Wilson, E. H. Bradley, J. A. Gude, R. M. Inman, N. J. Lance, K. Laudon, A. A. Nelson, M. S. Ross, and T. D. Smucker. 2018. Wolf-livestock conflict and the effects of wolf management. *The Journal of Wildlife Management* 82:711-722.
- de Ruyg, F., and D. Guillaume. 2019. Communiqué de presse -- Loups : l'État mobilisé pour concilier les activités d'élevage et la préservation de l'espèce. Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Paris, France.
- DREAL Auvergne Rhône-Alpes (2018). 2018-2023 National Action Plan on the wolf and stock-rearing activities. Available at: [http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/nap\\_wolf\\_and\\_stock-rearing\\_activities\\_2018-2023.pdf](http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/nap_wolf_and_stock-rearing_activities_2018-2023.pdf) (accessed 17 August 2019)
- DREAL Auvergne Rhône-Alpes (2019a). Dommages sur les troupeaux domestiques (loup). Available at: [http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/nap\\_wolf\\_and\\_stock-rearing\\_activities\\_2018-2023.pdf](http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/nap_wolf_and_stock-rearing_activities_2018-2023.pdf) (accessed 17 August 2019)
- DREAL Auvergne Rhône-Alpes (2019b). N° spécial Bilan 2018. Info-Loup, 25, 1.
- DREAL Auvergne Rhône-Alpes (2019c). Dispositif réglementaire dérogatoire (loup). Available at: <http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/dispositif-reglementaire-derogatoire-r4522.html> (accessed 17 August 2019)
- Dobremez, L., Bray, F., and Borg, D. (2016). Principaux résultats de l'Enquête Pastorale 2012/2014 dans le massif des Alpes. IRSTEA, CERPAM, Réseau Pastoral Rhône-Alpes, ADEM, FAI, SEA 73, SEA 74, Suaci Montagn'Alpes.
- Doré, A. (2015). Attention aux loups ! L'ambivalence de la menace et de sa mesure. *Ethnologie française*, 45, 45-54.
- Dumez, R. (coord.), Arpin, I., Hubert, A., Legrand, M., Lescureux, N., Manceron, V., Morizot, B., and Mounet, C. (2017). Expertise scientifique collective sur les aspects sociologiques, culturels et ethnologiques de la présence du loup en France. Expertise pour le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France.

- Eklund, A., J. V. López-Bao, M. Tourani, G. Chapron, and J. Frank. 2017. Limited evidence on the effectiveness of interventions to reduce livestock predation by large carnivores. *Scientific Reports* 7:2097.
- Espuno, N., B. Lequette, M.-L. Poulle, P. Migot, and J.-D. Lebreton. 2004. Heterogeneous response to preventive sheep husbandry during wolf recolonization of the French Alps. *Wildlife Society Bulletin* 32:1195-1208.
- Fritts, S.H., Stephenson, R.O., Hayes, R.D., and Boitani, L. (2003). Wolves and Humans. In: *Wolves: behavior, ecology, and conservation*, Mech L. D. and Boitani L. (Eds.), The Univ. of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 289-316.
- Galaverni, M., Caniglia, R., Fabbri, E., Milanesi, P., and Randi, E. (2015). One, no one, or one hundred thousand: how many wolves are there currently in Italy? *Mammal Res.*, 61, 13-24.
- Garde, L. (1997). *Loup et pastoralisme : la prédation et la protection des troupeaux dans la perspective de la présence du loup en Région Provence Alpes Côte d'Azur*. Convention d'étude avec le Ministère de l'Environnement n° 48/96 du 30 août 1996.
- Garde, L., Bacha, S., Bataille, J.-F., and Gouty, A.-L. (2007). Les éleveurs résidents en zone à loups : perceptions et stratégies. In : *Loup – Elevage : s'ouvrir à la complexité*. Actes du séminaire des 15 et 16 juin 2006. Garde L. (coord.), Eds. CERPAM, Manosque, France, 180-190.
- Garde, L. coord. (2012). *Protection des troupeaux contre la prédation*. In : *Techniques pastorales*, CERPAM, OIER Suamme, Adem, DDT(M) 04-05-06-38-73, Idele, Co-eds CERPAM-Cardère, 213-273.
- Garde, L., and Meuret, M. (2017). *Quand les loups franchissent la lisière : expériences d'éleveurs, chasseurs et autres résidents de Seyne-les-Alpes confrontés aux loups*. Rapp. enquête. CERPAM Manosque & INRA UMR Selmel Montpellier, France.
- Gonçalves, A., and Biro, D. (2018). Comparative thanatology, an integrative approach: exploring sensory/cognitive aspects of death recognition in vertebrates and invertebrates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2018(373), 20170263.
- Grente, O., Duchamp, C., Drouet-Hoguet, N., Bauduin, S., Opitz, T., Chamailé-James, S., and Gimenez, O. (2020). Tirs dérogatoires de loups en France : état des connaissances et des enjeux pour la gestion des attaques aux troupeaux. *Faune sauvage* 327 : 16-21.
- Harper, E. K., W. J. Paul, L. D. Mech, and S. Weisberg. 2008. Effectiveness of Lethal, Directed Wolf-Depredation Control in Minnesota. *The Journal of Wildlife Management* 72:778-784.
- Hindrikson, M., Remm, J., Pilot, M., Godinho, R., Vik Stronen, A., Baltrunaite, L., Czarnomska, S.D., Leonard, J.A., Randi, E., Nowak, C., Akesson, M., Lopez-Bao, J.V., Alvares, F., Llana, L., Echegaray, J., Vila, C., Ozolins, J., Rungis, D., Aspi, J., Paule, L., Skrbinek, T., and Saarma, U. (2016). Wolf population genetics in Europe: a systematic review, meta-analysis and suggestions for conservation and management. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, 92, 1601–1629.
- Idele, 2019. Ovins 2019- Production Lait et Viande. [http://idele.fr/no\\_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/chiffres-cles-ovins-2019.html](http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/chiffres-cles-ovins-2019.html)
- Illiopoulos Y., Sgardelis S., Koutis V., Savaris D. (2009). Wolf depredation on livestock in central Greece. *Acta Theriologica*, 54(1), 11-22.
- Johnson, F.A., Eaton, M.J., Williams, J.H., Jensen, G.H., and Madsen, J. (2015). Training conservation practitioners to be better decision makers. *Sustainability*, 7, 8354-8373.
- Khorozyan, I., and M. Waltert. 2019. A framework of most effective practices in protecting human assets from predators. *Human Dimensions of Wildlife* 24:380-394.
- Kompaniyets, L., and M. A. Evans. 2017. Modelling the relationship between wolf control and cattle depredation. *PLoS ONE* 12:e0187264.
- Lescureux, N. (2006). Towards the necessity of a new interactive approach integrating ethnology, ecology and ethology in the study of the relationship between Kirghiz stockbreeders and wolves. *Social Science Information*, 45, 463–478.

- Lescureux, N. (2007). Maintenir la réciprocité pour mieux coexister ? Ethnographie du récit Kirghiz des relations dynamiques entre les Hommes et les loups. Thèse de doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France.
- Lescureux, N., and Linnell, J.D.C. (2013). The effect of rapid social changes during post-communist transition on perceptions of the human - wolf relationships in Macedonia and Kyrgyzstan. *Pastoralism*, 3:4. Available at: <https://doi.org/10.1186/2041-7136-3-4> (accessed 17 August 2019)
- Lescureux, N., and Linnell, J.D.C. (2014). Warring brothers: the complex interactions between wolves (*Canis lupus*) and dogs (*Canis familiaris*) in a conservation context. *Biol. Conserv.*, 171, 232–245.
- Lescureux, N., Garde, L., and Meuret, M. (2018). Considering wolves as active agents to understand stakeholders' perceptions and develop management strategies. In: *Large carnivore conservation and management: Human dimensions and governance*, Hovardas T. (coord.), Routledge, Oxford, U.K., 147-167.
- Linnell, J.D.C., Andersen, R., Anderson, Z., Balciuskas, L., Blanco, J.C., Boitani, L., Brainerd, S., Breitenmoser, U., Kojola, I., Liberg, O., Løe, J., Okarma, H., Pedersen, H.C., Promberger, C., Sand, H., Solberg, E.J., Valdmann, H., and Wabakken, P. (2002). The fear of wolves: a review of wolf attacks on humans. NINA, Trondheim, Oppdragsmelding, 731, 1–65.
- MAA-DGPE (2018). Mesures de protection des troupeaux contre la prédation. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Instruction technique DGPE/SDPE/2018-124, NOR AGRT1804283J, 18-23.
- Mech, L.D. (1995). The challenge and opportunity of recovering wolf populations. *Conserv. Biol.*, 9, 270-278.
- Mech, L.D. (2012). Is science in danger of sanctifying the wolf? *Biol. Conserv.*, 150, 143–149.
- Mech, L.D. (2017). Where can wolves live and how can we live with them? *Biol. Conserv.*, 210, 310–317.
- Mech, L.D., and Boitani, L. (2003). *Wolves: behavior, ecology, and conservation*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Meuret, M., and Provenza, F.D. (2015a). When Art and Science meet: integrating knowledge of French herders with science of foraging behavior. *Rangld. Ecol. Manage.*, 68, 1-17.
- Meuret, M., and Provenza, F.D. (2015b). How French shepherds create meal sequences to stimulate intake and optimise use of forage diversity on rangeland, *Anim. Prod. Sci.*, 54, 309-318.
- Moriceau J-M. (2007). *Histoire du méchant loup : 3000 attaques sur l'homme en France (XVe-XXe siècle)*. Fayard, Paris, France.
- Ogada, M.O., Woodroffe, R., Oguge, N.O., and Frank, L.G. (2003). Limiting depredation by African carnivores: the role of livestock husbandry. *Conserv. Biol.*, 17, 1521-1530.
- ONCFS (2017). Répartition géographique du loup : mise à jour en 2017 et harmonisation méthodologique. *Bulletin loup du réseau Loup-lynx*. 36, 13-15.
- OFB (2020). Bilan du suivi hivernal de la population de loups / Hiver 2019/2020. *Bulletin d'information du Réseau Loup-Lynx*, Juillet 2020.
- Oriol-Cotterill, A., Valeix, M., Frank, L.G., Riginos, C., and Macdonald, D.W. (2015). Landscapes of Coexistence for terrestrial carnivores: the ecological consequences of being downgraded from ultimate to penultimate predator by humans. *Oikos*, 124, 1263-1273.
- Peillon, A., and Carbone, G. (1993). Bienvenue aux loups. *Terre Sauvage*, 73, 23-42.
- Peterson, R.O., and Ciucci, P. (2003). The wolf as a carnivore, In: *Wolves: behavior, ecology, and conservation*, Mech L. D., Boitani L. (Eds.), The University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 104-130.
- Poudyal, N., Baral, N., and Asah, S. T. 2016. Wolf Lethal Control and Livestock Depredations: Counter-Evidence from Respecified Models. *PLoS ONE* 11:e0148743.
- Pouille, M-L., Carles, L., and Lequette, B. (1997). Significance of ungulates in the diet of recently settled wolves in the Mercantour mountains (Southeastern France). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 52, 357-368.
- Pouille, M-L., Lequette, B., and Dahier, T. (1999). La recolonisation des Alpes françaises par le loup de 1992 à 1998. *Bull. Mensuel ONCFS*, 242 : 4-13.

- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/>.
- Salvatori, V., and A. D. Mertens. 2012. Damage prevention methods in Europe: experiences from LIFE nature projects. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 23:73-79
- Silhol, A., Bataille, J-F., Dureau, R., Garde, L., and Niez, T. (2007). Evaluation du schéma de protection des troupeaux en alpage : coût, travail, impact. In : Loup – Elevage : s’ouvrir à la complexité. Actes du séminaire des 15 et 16 juin 2006. Garde L. (coord.), Eds. CERPAM, Manosque, France, 166-178.
- Statistical Service of the French Ministry of Agriculture. (2020). [https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/G\\_2002/detail/](https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/G_2002/detail/) (accessed 12 November 2020).
- Stépanoff, C. (2018). Les hommes préhistoriques n’ont jamais été modernes. *L’Homme*, 227-228, 123-152.
- Treves, A., M. Krofel, and J. McManus. 2016. Predator control should not be a shot in the dark. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14:380-388.
- Van Bommel, L., and Johnson, C.N. (2014). Where Do Livestock Guardian Dogs Go? Movement Patterns of Free-Ranging Maremma Sheepdogs. *PLoS ONE* 9(10): e111444.
- Vasconcellos, A.dS., Virányi, Z., Range, F., Ades, C., Scheidegger, J.K., Möstl, E., and Kotrschal, K. (2016). Training reduces stress in Human-socialised wolves to the same degree as in dogs. *PLOS ONE* 11(9): e0162389. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162389> (accessed 17 August 2019)
- Vincent, M. (2014). Shepherding practices in the Alps convulsed by the return of wolves as a protected species. In: Meuret M. and Provenza F.D. (eds.), *The Art & Science of shepherding: tapping the wisdom of French herders*. Acres USA, Austin, TX, USA, 263-289.
- Wam, H. K., J. G. Dokk, and O. Hjeljord. 2004. Reduced wolf attacks on sheep in Ostfold, Norway, using electric fencing. *Carnivore Damage Prevention News* July 2004:12-13.
- Wielgus, R. B., and K. A. Peebles. 2014. Effects of Wolf Mortality on Livestock Depredations. *PLoS ONE* 9:e113505.
- Williams, B.K., and Brown, E.D. (2014). Adaptive management: from more talk to real action. *Envir. Manage.*, 53, 465-479.
- Zahl-Thanem, A., R. J. F. Burton, A. Blekesaune, M. S. Haugen, and K. Rønningen. 2020. The impact of wolves on psychological distress among farmers in Norway. *Journal of Rural Studies* 78:1-11.